



PENGENDALI OTOMATIS KUALITAS AIR KOLAM IKAN BERBASIS WIRELESS DENGAN RFM12-433S

Pius Yozy Merucahyo*, Andreas Bagus Sadewo, Christin Karuru, Martanto, A. Tri Priantoro
Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta
yozy@usd.ac.id*

ABSTRAK

Permintaan produksi ikan di pasar semakin meningkat, sehingga banyak masyarakat yang mencoba membudidayakan ikan air tawar. Untuk membudidayakan ikan, kualitas air menjadi faktor yang paling mendukung dalam perkembangan ikan. Banyak ikan yang mati karena kualitas air yang buruk dan pembudidaya ikan tidak mengetahui standar kualitas air yang baik, sehingga produksi ikan pun menjadi menurun dan pembudidaya mengalami kerugian.

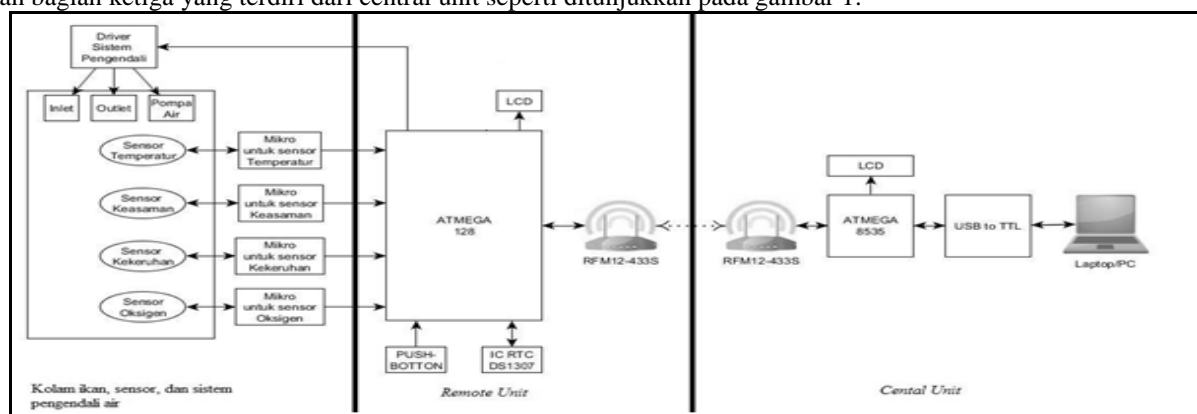
Dengan adanya alat ini, penulis berharap pembudidaya ikan dapat menjaga kualitas air kolam ikan untuk mendapatkan kualitas ikan yang baik tanpa menggunakan instalasi kabel yang sulit, karena sistem ini menggunakan wireless untuk mengendalikan pintu air pada kolam. Sistem yang dibuat menggunakan ATmega128 sebagai pusat kendalinya, dan menggunakan RFM12-433S sebagai transmitter. Sistem akan mengambil data dari setiap sensor kemudian mengatur pintu air masuk kolam, pintu air keluar kolam dan pompa sumur untuk mendapatkan kualitas air yang dibutuhkan, kemudian data tersebut dapat dikirimkan ke pengguna untuk memonitoring kualitas air kolam melalui PC atau Laptop. Sumber daya yang digunakan untuk supply pusat kendali menggunakan accu.

Pengendali otomatis kualitas air kolam ikan berbasis wireless dengan RFM12-433S sudah berhasil dibuat dan dapat bekerja untuk mengatur kualitas air yang dibutuhkan. Jarak pengujian dilakukan kurang dari 30 meter untuk komunikasi wireless.

Kata kunci : kualitas air, kolam ikan, RFM12-433S

I. Pendahuluan

Untuk membudidayakan ikan air tawar, kualitas air menjadi faktor yang paling mendukung dalam perkembangan ikan. Banyak ikan yang mati karena kualitas air yang buruk, sehingga produksi ikan pun menjadi menurun dan pengusaha mengalami kerugian yang besar[1]. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan sebuah alat yang digunakan untuk monitoring dan mengontrol kualitas air kolam ikan. Alat ini terbagi menjadi 3 bagian, yaitu bagian pertama yang terdiri dari kolam ikan, sensor, dan pengendali kualitas air, bagian kedua yang terdiri dari remote unit, dan bagian ketiga yang terdiri dari central unit seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Pengendali Kualitas Kolam Air Ikan

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan suatu sistem yang dapat mengirimkan data sensor kualitas air kolam ikan secara otomatis dari *remote unit* ke *central unit* dengan menggunakan *wireless* dan dapat mengendalikan pintu air masuk ke kolam, pintu air keluar kolam dan pompa air secara otomatis. Manfaat dari penelitian ini adalah mempermudah *monitoring* kualitas air kolam ikan

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- Menggunakan ATmega 128 sebagai pusat kontrol.
- Paket data yang akan dikirimkan ditampilkan dalam LCD 16x2.

- c. Proses pengambilan data di setiap sensor secara bergantian dan menggunakan komunikasi USART.
- d. Setiap sensor mengirimkan data dengan diawali karakter khusus yang mewakili sensor tersebut dan diakhiri dengan karakter pagar (#).
- e. Menggunakan modul RFM12-433S sebagai pemancar.
- f. Batas pengujian 5 meter, 10 meter dan 15 meter.

II. Landasan Teori

II.1 Sistem Pengendali Kolam Air

Sistem pengendalian kualitas air terdiri dari pintu masuk air kolam, pintu keluar air kolam dan pompa air. Sistem ini akan bekerja berdasarkan data sensor yang didapatkan dan standar yang telah ditentukan. Setiap jenis ikan memiliki perbedaan standar kualitas air, maka ditetapkan standar air yang dikendalikan sistem ini. Hal ini ditetapkan agar sistem dapat digunakan untuk semua jenis ikan seperti pada tabel 1. Pada tabel tersebut juga ditentukan aksi pengendalian berdasarkan standar yang ditentukan [2].

Tabel 1. Aksi Pengendalian

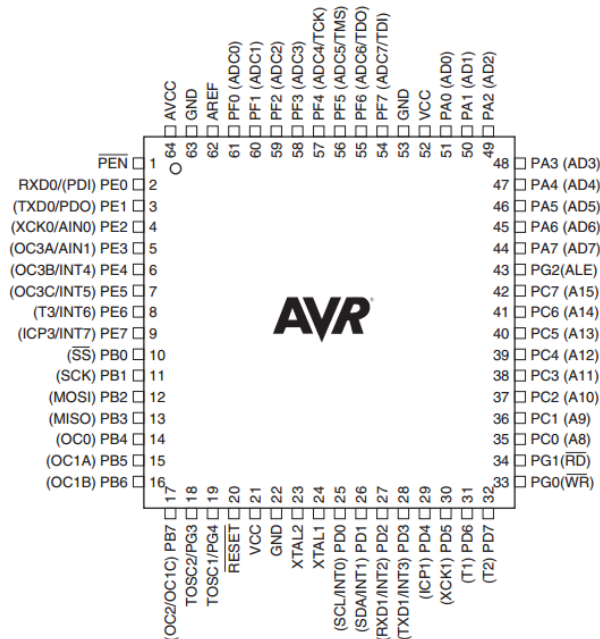
Kualiatas Yang diamati	Standar air	Aksi Pengendalian
Suhu	18-28 °C	Jika suhu air kolam >28 °C atau <18 maka: - Inlet off (pintu masuk air tertutup) - Outlet on (pintu keluar air terbuka) - Pompa sumur on Dengan asumsi suhu air sumur selalu berada pada suhu 18°C – 28°C.
pH	5-8,5	Jika pH air kolam >8.5 atau <5 maka: - Inlet off (pintu masuk air tertutup) - Outlet on (pintu keluar air terbuka) - Pompa sumur on Dengan asumsi PH air sumur selalu berada diantara 5 – 8,5
Kekeruhan	<380 NTU	Jika kekeruhan air kolam >380 NTU maka: - Inlet off (pintu masuk air tertutup) - Outlet on (pintu keluar air terbuka) - Pompa sumur on Dengan asumsi kekeruhan air sumur < 380 NTU
DO	> 5 ppm	Jika DO air kolam < 5ppm maka: - Inlet off (pintu masuk air tertutup) - Outlet on (pintu keluar air terbuka) - Pompa sumur on

II.2 Mikrokontroler ATmega128

Mikrokontroler ATmega 128 merupakan mikrokontroler keluarga AVR yang mempunyai kapasitas *flash* memori 128KB. *Alf and Vegard's Risc Processor* (AVR) merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur *Reduced Instruction Set Computer* (RISC). AVR dapat terbagi menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga AT-Mega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, bisa dikatakan hampir sama. Semua jenis AVR dilengkapi dengan *flash* memori untuk memori program. Kapasitas dari *flash* memori ini berbeda antara *chip* yang satu dengan *chip* yang lain tergantung dari jenis IC yang digunakan. Untuk *flash* memori yang paling kecil adalah 1 *kbytes* (ATtiny11, ATtiny12, dan ATtiny15) dan paling besar adalah 128 *kbytes* (ATmega128). Untuk koneksi pin ATmega128 dapat dilihat pada gambar 2. Mikrokontroler AVR ATmega128 memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a. Saluran I/O sebanyak 56 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, Port D, Port E, Port F dan Port G.
- b. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
- c. 2 buah Timer/Counter 8 bit dan 2 buah Timer/Counter 16 bit.
- d. Dua buah PWM 8 bit.
- e. *Watchdog Timer* dengan osilator *internal*.
- f. *Internal SRAM* sebesar 4 kbyte.
- g. Memori *flash* sebesar 128 kBytes.
- h. *Interupsi Eksternal*.
- i. Port antarmuka SPI.
- j. EEPROM sebesar 4 kbyte.
- k. *Real time counter*.

- l. 2 buah Port USART untuk komunikasi serial.
- m. Enam kanal PWM.
- n. Tegangan operasi sekitar 4,5 V sampai dengan 5,5V.

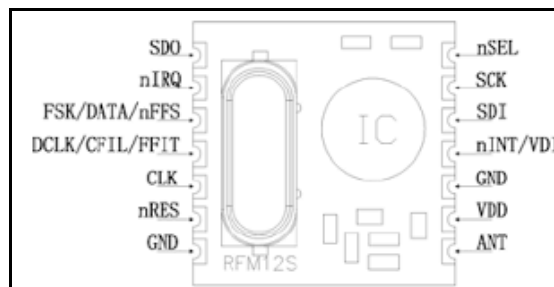


Gambar 2. Konfigurasi Pin Atmega128 [3]

II.3 RFM12-433S

RFM12 dengan pita frekuensi 433 MHz dapat menggunakan frekuensi antara 430,24 MHz – 439,7575 MHz [4]. Karena modul ini merupakan *transceiver* maka modul ini bisa dioperasikan menjadi *transmitter* maupun sebagai *receiver*. Untuk koneksi pin RFM12-433S dapat dilihat pada gambar 3. RFM12-433S memiliki spesifikasi, diantaranya sebagai berikut [4]:

- a. Harganya relatif murah
- b. Menggunakan teknologi PLL
- c. Datarate sampai 115,200 kbps menggunakan demodulator didalam modul
- d. Differential antenna
- e. Tuning antena otomatis dilakukan oleh modul
- f. Deviasi frekuensi TX dapat diatur
- g. *Bandwidth* dapat diatur
- h. AFC dan DQD
- i. *Internal data filtering*
- j. Dapat menggunakan pola sinkronisasi pada modul penerima
- k. Antarmuka SPI



Gambar 3. Konfigurasi Pin RFM12-433S [4]

II.4 LCD 16x2

LCD (*liquid cell display*) merupakan salah satu alat komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan data berupa karakter [5]. LCD yang digunakan adalah tipe M1632 yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. LCD 16x2 [5]

LCD tipe ini memiliki 2 baris dimana masing-masing baris memuat 16 karakter. Selain sangat mudah dioperasikan, kebutuhan daya LCD ini sangat rendah[5].

III. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan berkonsentrasi pada bagian remote unit dan central unit. Pada penelitian ini, peneliti tidak menggunakan sensor sebenarnya tetapi menggunakan mikrokontroler yang berisi data dummy untuk menggantikan setiap sensor. Data dummy merupakan data yang menyerupai aslinya tetapi tidak memiliki fungsi yang sama. Data dummy yang digunakan untuk pengujian mengacu pada hasil dari sensor keasaman (pH), kekeruhan, kandungan oksigen (DO), dan temperatur. Peneliti juga tidak menggunakan sistem kontrol sesungguhnya tetapi hanya menampilkan hasil kontroler kendali yang dibutuhkan untuk mengatur kualitas air kolam ikan pada LCD remote unit dan memberikan tegangan pada port keluaran untuk diproses sistem.

Metode pengiriman paket data secara otomatis menggunakan wireless RFM12-433S sebagai transceiver dengan frekuensi antara 430,24 MHz – 439,7575MHz untuk menghubungkan antara remote unit dengan central unit. Frekuensi tersebut bisa diatur sesuai yang dibutuhkan oleh pengguna. Pengambilan data sensor dan pengiriman paket data setiap 60 menit pada pengaturan awal atau bisa diatur sesuai kebutuhan. Pengambilan data setiap sensor dilakukan dengan menggunakan prosedur USART secara bergantian. Data tersebut kemudian diolah oleh mikrokontroler untuk mengontrol sistem kendali, kemudian data tersebut dijadikan sebuah paket data yang siap untuk dikirim kembali ke sistem lain menggunakan modul RFM12-433S. Status sistem kendali ditampilkan pada LCD pada menu utama dengan simbol “I” untuk pintu air masuk, “O” untuk pintu air keluar dan “P” untuk pompa air.

Pengguna dapat merubah waktu sistem, mengubah pengaturan waktu pengiriman paket data ke central unit, pengecekan data setiap sensor, pengaturan frekuensi, kecepatan transfer paket data, perubahan pengaturan sistem kendali dan pengecekan koneksi wireless ke central unit. Untuk melakukan pengaturan tersebut, pengguna hanya perlu menekan tombol “menu” pada kotak sistem bagian atas dan melihat hasilnya pada LCD.

Jumlah karakter di dalam paket data sebanyak 46 karakter, terdiri dari nomor penyimpanan, tanggal, jam, penggabungan 4 data sensor, yang diawali dengan karakter “@” dan diakhiri dengan karakter “\$”. Format data tersebut disesuaikan dengan kebutuhan dan sesuai dengan yang dibutuhkan oleh central unit, berikut format data di dalam paket data: @01#dd-MM-yyyy#HH:mm#Saaaa#Kbbbbb#Hcccc#Ddddd#\$

Dari format paket data tersebut bisa dijelaskan pada tabel 2 seperti berikut:

Tabel 2. Format Paket Data

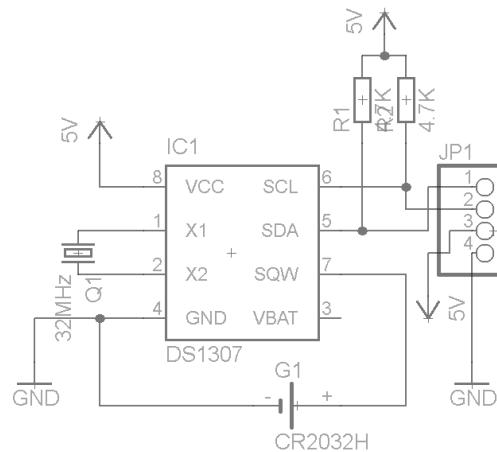
	Nomor penyimpanan	Tanggal	Waktu	Suhu	Keasaman	Kekeruhan	DO
Jumlah karakter	2	10	5	5	5	5	5

Remote unit bisa menyimpan data yang sudah dikumpulkan di dalam eeprom apabila remote unit tidak terhubung dengan central unit. Jumlah memori eeprom Atmega 128 adalah 4 kbyte. Pengambilan data setiap 1 jam, paket data yang dapat disimpan sebanyak 80 data atau selama 3 hari 8 jam.

Pada central unit, pengguna bisa melihat data yang didapat pada Laptop atau PC. Data tersebut ditampilkan dengan menggunakan aplikasi Visual Basic, dan data yang diterima dari central unit disimpan dengan menggunakan aplikasi Microsoft Access. Penyimpanan database pada Microsoft Access tergantung dari kapasitas memori Laptop atau PC yang digunakan.

III.1 Perancangan Rangkaian RTC – IC DS1307

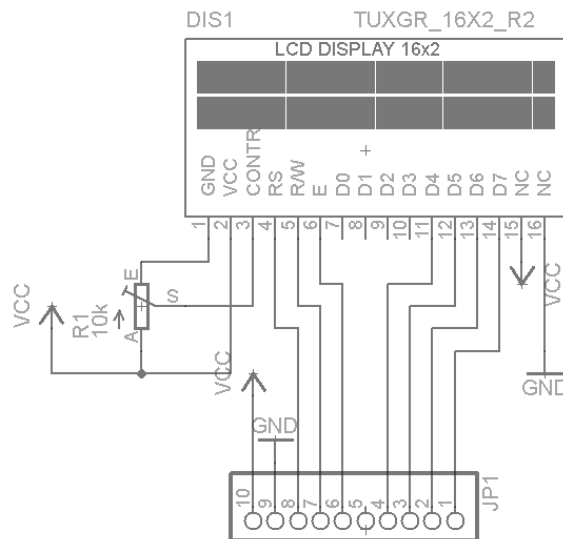
Berdasarkan *datasheet*, IC DS1307 terdapat rangkaian standar untuk menggunakan IC ini. Untuk dapat bekerja dengan baik, maka pada jalur data dan sumber *clock* komunikasi dua jalu diperlukan tambahan hambatan *pull-up*. *Pull-up* yang digunakan hambatan sebesar 4,7 kOhm. Kristal *oscillator* yang digunakan adalah Kristal yang memiliki frekuensi 32,768 kHz. Ditambahkan baterai tipe CR2032 sebagai sumber daya IC ini ketika sumber daya utama tidak tersedia. Berikut gambar rangkaian RTC dengan IC DS1307 ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian RTC IC DS1307

III.2 Perancangan Rangkaian LCD

LCD yang digunakan pada perancangan ini adalah LCD *character* 16x2 yang berfungsi untuk menampilkan data setiap sensor. Berdasarkan *datasheet* tegangan kontras (*pin Vo*) maksimum LCD ini adalah 5 volt, sehingga digunakan sebuah *variable resistor* sebesar 10 kOhm yang digunakan untuk mebatasi tegangan pada pin ini. Rangkaian LCD *character* 16x2 ditunjukkan pada gambar 6.



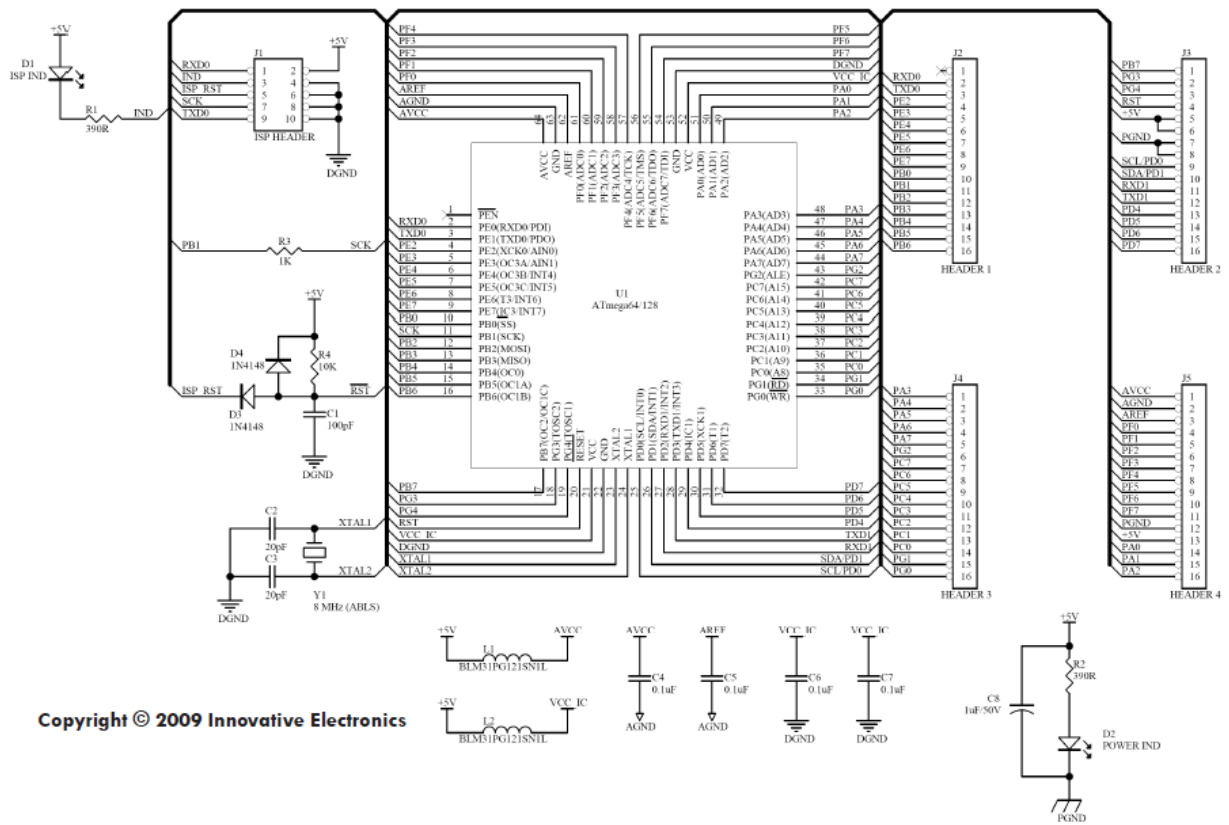
Gambar 6. Rangkain LCD 16x2

III.3 Rangkaian DT-AVR ATMEGA 128 CPU Module untuk Remote Unit

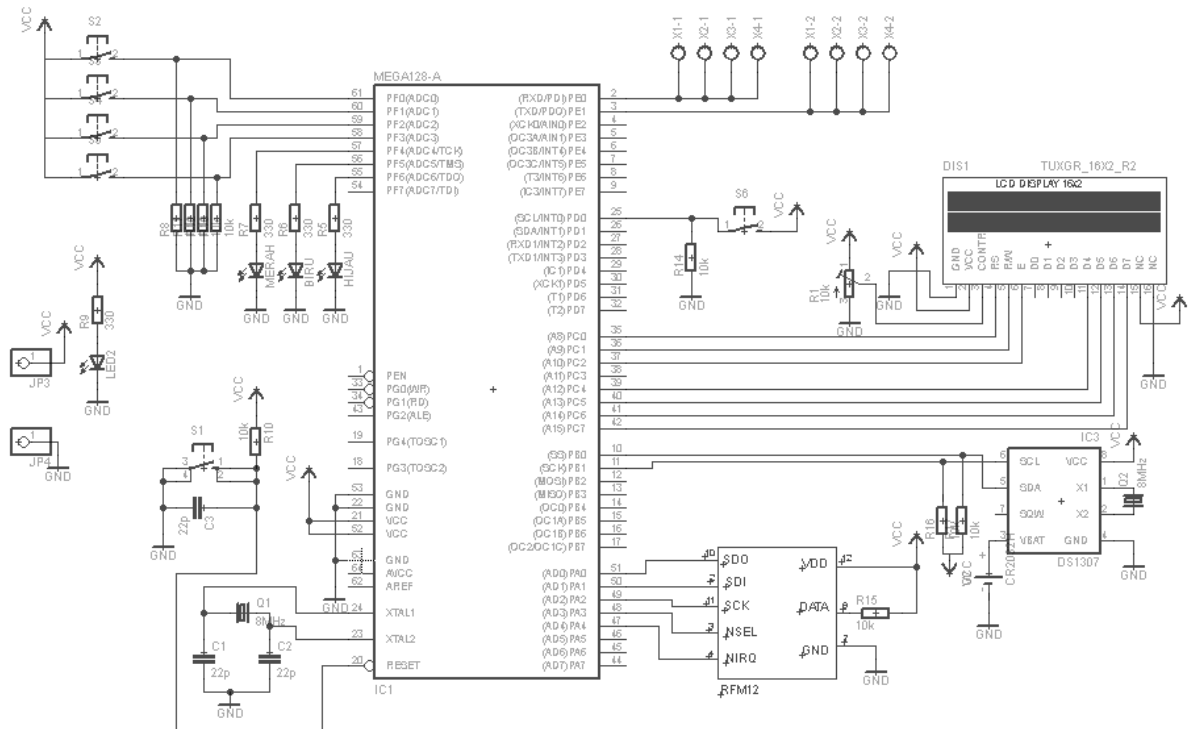
Dalam perancangan sistem ini, peneliti menggunakan DT-AVR ATMEGA 128 CPU *Module* sebagai minimum sistem. DT-AVR ATMEGA 128 CPU *Module* ini dilengkapi dengan ATmega 128, dan setiap pinnya sudah dihubungkan dengan konektor *female* yang terpasang di dalam *board pcb*, sehingga pemakaiannya lebih akan lebih mudah. Rangkaian DT-AVR ATMEGA 128 CPU *Module* ditunjukkan pada gambar 7, sedangkan untuk rangkaian keseluruhan mikrokontroler ditunjukkan pada gambar 8.

III.4 Rangkaian Minimum Sistem Atmega 8535 Central Unit

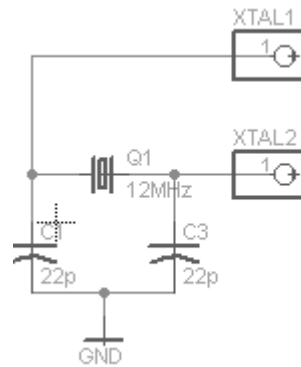
Rangkaian sistem minimum berfungsi sebagai I/O untuk mengolah data dan mengatur komunikasi untuk transmitter dan komunikasi ke PC. Mikrokontroler membutuhkan sistem minimum yang terdiri dari rangkaian eksternal yaitu, rangkaian osilator dan rangkaian *reset*. Rangkaian osilator ditunjukkan pada gambar 9. Perancangan rangkaian osilator digunakan kristal dengan frekuensi 12Mhz dan menggunakan kapasitor 22pF (*datasheet*) pada pin XTAL 1 dan XTAL 2 di mikrokontroler.



Gambar 7. Rangkaian DT-AVR ATMEGA 128 CPU Module [6]

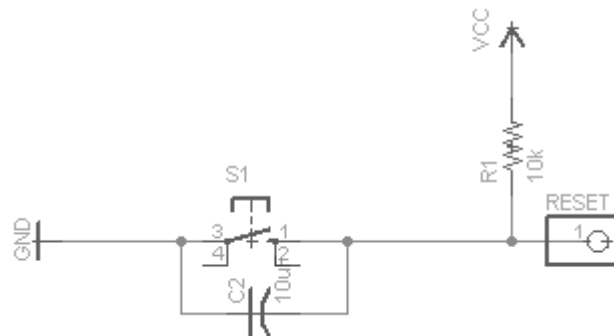


Gambar 8. Rangkaian Keseluruhan Mikrokontroler Remote Unit



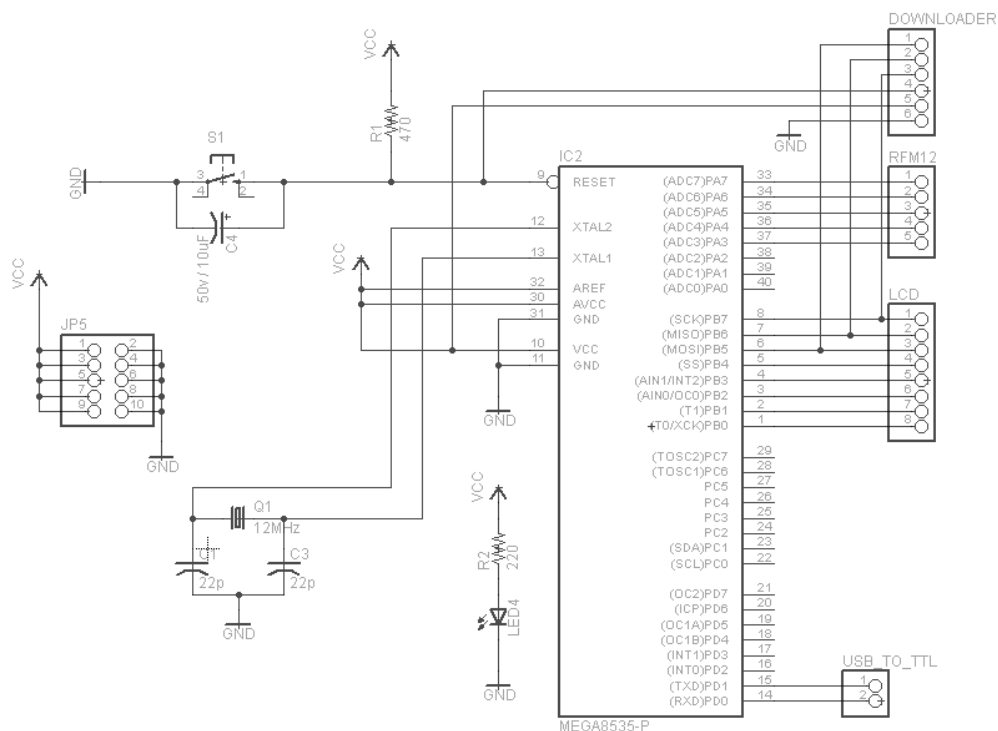
Gambar 9. Rangkaian Osilator Atmega 8535 *Central Unit*.

Gambar 10 menunjukkan rangkaian *reset* mikrokontroler ATmega8535. Rangkaian *reset* bertujuan untuk memaksa proses kerja pada mikrokontroler diulang dari awal. Jika tombol *reset* ditekan, maka pin *reset* akan mendapat input logika rendah, sehingga mikrokontroler akan mengulang proses eksekusi program dari awal. Pada perancangan rangkaian *reset* digunakan resistor sebesar 10k Ω dan kapasitor sebesar 10 μ F.



Gambar 10. Rangkaian *Reset* Atmega 8535 *Central Unit*.

Untuk penggunaan *port* mikrokontroler disambungkan dengan *pin-header male* sehingga bisa digunakan sesuai kebutuhan dan mudah untuk dirubah. Berikut rangkaian minimum sistem Atmega 8535 ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Rangkaian Minimum Sistem Atmega 8535 *Central Unit*

IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

IV.1 Bentuk Fisik Remote Unit

Bentuk fisik remote unit secara keseluruhan ditunjukkan pada gambar 12 sampai gambar 15. Bentuk fisik remote unit ini terdiri dari 1 box yang bertujuan untuk melindungi dan merapikan rangkaian elektronik di dalamnya.



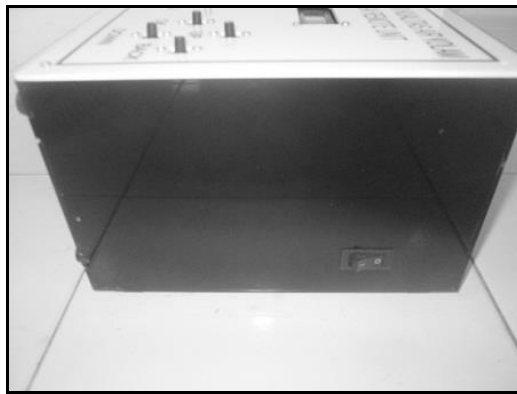
Gambar 12. Kotak Sistem Tampak Atas



Gambar 13. Kotak Sistem Tampak Belakang



Gambar 14. Kotak Sistem Tampak Kiri



Gambar 15. Kotak Sistem Tampak Kanan

IV.2 Bentuk Fisik Central Unit

Bentuk fisik *central unit* secara keseluruhan ditunjukkan pada gambar 16 sampai gambar 18. Bentuk fisik *central unit* ini terdiri dari 1 box yang bertujuan untuk melindungi dan merapikan rangkaian elektronik di dalamnya.



Gambar 16. Kotak Sistem Tampak Atas



Gambar 17. Kotak Sistem Tampak Samping

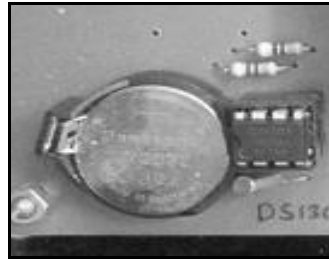


Gambar 18. Kotak Sistem Tampak Belakang

IV.3 Pengujian Kontrol Waktu

Pengontrol waktu berfungsi untuk menjaga agar waktu alat kontrol sesuai dengan waktu sesungguhnya. Hal ini berhubungan dengan pengandaian yang bersifat *real-time*. Pada bagian ini terdiri dari IC DS1307 dan sebuah

baterai yang digunakan sebagai sumber energi IC saat sumber listrik utama tidak tersedia. Berikut gambar rangkaian pengontrol waktu:



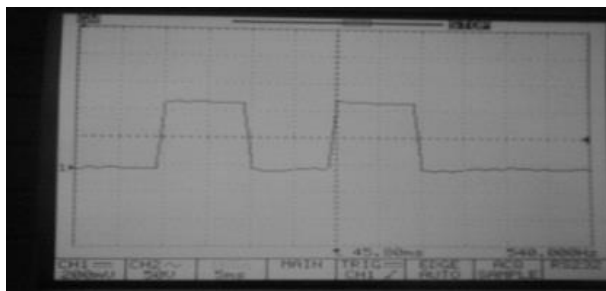
Gambar 19. Rangkaian Pengontrol Waktu

Pengujian dilakukan dengan mematikan semua sistem beberapa kali selama 10 detik. Setelah 10 detik, sistem dinyalakan kembali, dan waktu yang ditunjukkan oleh sistem bertambah 10 detik. Dari pengujian ini didapat kesimpulan bahwa sistem pengontrol waktu sudah dapat bekerja dan mempertahankan waktu dari sistem.

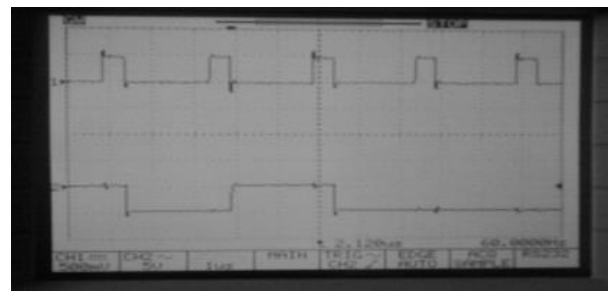
IV.4 Pengujian Komunikasi RFM12-433S

Pengujian komunikasi RFM12-433S menggunakan 3 frekuensi dan kecepatan transfer data berbeda. Frekuensi yang digunakan adalah 432MHz, 435MHz, dan 437MHz, dan kecepatan transfer data 1kbps, 2kbps, dan 5kbps. Pada pengujian komunikasi RFM12-433S 1 Arah jarak maksimum yang dapat dijangkau sebesar 120 meter, untuk pengujian komunikasi RFM12-433S 2 arah secara bergantian dengan frekuensi dan kecepatan transfer yang berbeda jarak terjauhnya adalah 30 meter, sedangkan untuk pengujian pengiriman paket data ke *central unit* jarak terjauhnya 15 meter.

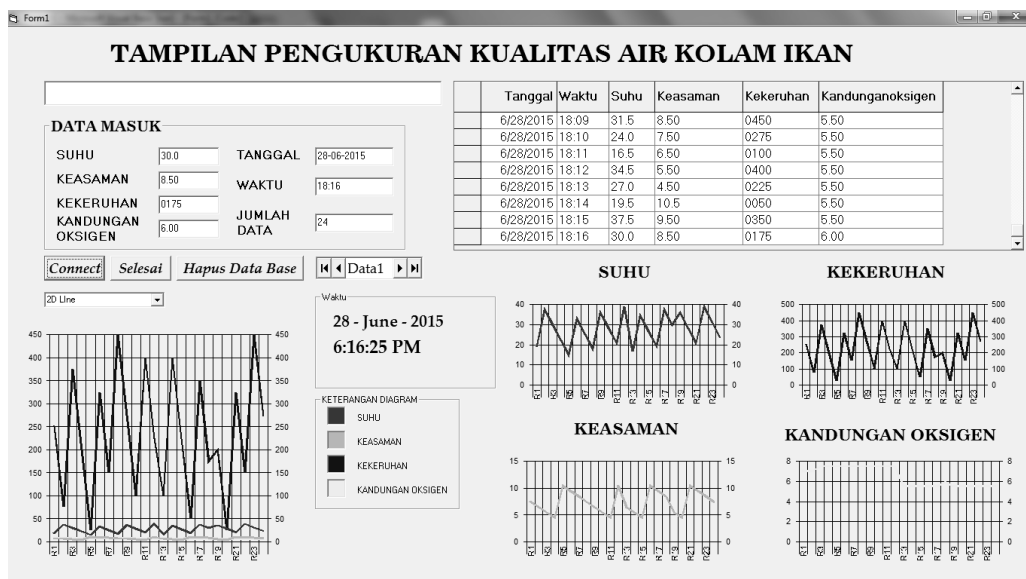
Hal tersebut membuktikan bahwa frekuensi dan kecepatan transfer data yang digunakan tidak mempengaruhi jarak jangkauan yang dapat ditempuh, tetapi jumlah data yang dikirim bisa mempengaruhi jangkauan jarak data yang ditempuh. Sinyal yang diterima *central unit* sudah cukup baik seperti gambar 20 dan gambar 21, sedangkan untuk hasil yang diterima pada *central unit* ditampilkan pada gambar 22.



Gambar 20. Sinyal Yang Dipancarkan Remote Unit



Gambar 21. Sinyal Yang Diterima Central Unit



Gambar 22. Tampilan Data Berhasil Diterima

IV.5 Pengujian Penyimpanan Paket Data Pada Remote Unit

Pengujian selanjutnya untuk mengetahui kemampuan sistem untuk menyimpan paket data apabila *remote unit* tidak terhubung dengan *central unit*. Pengujian pertama dilakukan dengan cara menjalankan program utama dengan pengaturan pengambilan data setiap satu menit, tetapi sistem *central unit* di non-aktifkan selama 80 menit. Hasilnya pada menit ke 81, karena *central unit* aktif kembali alat ini mengirim semua paket data ke *central unit*. Proses pengiriman semua paket data ini dilakukan selama 4 menit 30 detik sampai semua paket data terkirim.

Pengujian kedua sistem *central unit* di non-aktifkan 100 menit data yang mampu tersimpan hanya sampai menit ke 80. Hasilnya data terakhir disimpan pada alamat penyimpanan paket data terakhir. Pengujian ketiga dengan cara ketika pengiriman paket data yang tersimpan dikirimkan, salah satu sistem dinonaktifkan sehingga proses pengiriman berhenti ditengah proses pengiriman dan dinyalakan kembali 10 detik kemudian. Hasilnya, ketika waktu sudah sesuai jadwal kirim alat ini kembali mengirimkan paket data yang belum terkirim ke *central unit*.

Pengujian keempat dilakukan dengan cara menjalankan program utama dengan pengaturan pengambilan data setiap satu menit, tetapi sistem *central unit* di non-aktifkan selama 100 menit dan pada menit ke 100, detik ke 30 *central unit* diaktifkan kembali dan pada saat itu alat ini dipilih untuk mode pengiriman manual pada “menu”, sehingga alat ini mengirimkan paket semua paket data yang sudah disimpan selama koneksi masih terhubung ke *central unit*. Berdasarkan keempat pengujian tersebut sistem sudah bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

IV.6 Program Utama

Program utama berisi alur perintah utama, yang berikutnya akan memanggil subrutin-subrutin lainnya. Perintah yang ada pada program utama pertama akan menginisialisasi fitur-fitur yang digunakan. Setelah inisialisasi, program akan memanggil satu per satu subrutin yang ada secara terus menerus. Pada tampilan utama sistem menampilkan jam, tanggal dan status sistem kendali, pengguna juga dapat melihat pengaturan yang sudah diatur pada alat ini seperti ditampilkan pada gambar 23 – gambar 26.



Gambar 23. Tampilan Program Utama



Gambar 24. Tampilan Ketika Tombol OK Ditekan



Gambar 25. Tampilan Ketika Tombol UP Ditekan



Gambar 26. Tampilan Ketika Tombol BACK Ditekan



Gambar 27. Tampilan Ketika Tombol DOWN Ditekan

Pada gambar 23 merupakan tampilan utama dari sistem ini yang menampilkan jam, tanggal dan status dari sistem kendali dimana “I” mewakili pintu masuk air, “O” mewakili pintu keluar air dan “P” mewakili pompa air. Nilai 0 berarti tidak aktif atau sama dengan pintu tertutup dan nilai 1 berarti aktif atau sama dengan pintu terbuka. Pada gambar 26 merupakan tampilan ketika tombol back ditekan. Pada bagian ini LCD menampilkan pengaturan jadwal pengiriman paket yang digunakan dalam menit dan total merupakan waktu yang sudah dilewati dari pengiriman paket data terakhir.

V. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian dan pengambilan data pada sistem pengendali otomatis kualitas kolam air ikan dengan RFM12-433S adalah sistem yang dibuat sudah dapat bekerja sesuai dengan perancangan dan mampu menampung paket data yang belum terkirim maksimal 80 paket data. Sistem juga mampu membaca sensor yang digunakan untuk dibandingkan dengan standar kualitas air kolam yang ditentukan kemudian memberikan perintah ke sistem kendali untuk mengendalikan kualitas air kolam. Penggunaan frekuensi untuk pengiriman paket data tidak mempengaruhi jarak jangkauan pengiriman paket data.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini peneliti menyampaikan terima kasih kepada DITJEN DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui program Hibah Bersaing 2015 sebagai penelitian inisiasi terkait Inovasi Alat Deteksi dan Sistem Telemetry Kualitas Air Perikanan Terpadu pada Kolam di Saluran Tersier DAS Kalikuning.

Daftar Pustaka

1. <http://www.produknaturalnusantara.com/panduan-teknis-budidaya-perikanan/budidaya-ikan-patin/> , diakses tanggal 12 Oktober 2014.
2. Payara, M.F., 2014, *Rancang Bangun Pengendalian Kualitas Air Pada Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Ikan, Skripsi*, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
3. Atmel, 2011, *8-bit Microcontroller with 128K Bytes In-System Programmable Flash, ATmega128 ATmega 128L*, Atmel Corporation, <http://www.atmel.com>.
4. Hope RF, 2006, *RFM12 Universal ISM Band FSK Transceiver*, HOPE MICROELECTRONICS.
5. Heryanto, M. A dan Adi, P. W., 2008, *Pemrograman Bahasa C Untuk Mikrokontroler ATMEGA 8535*, ANDI Yogyakarta.
6. DT-AVR Atmega 64/128 CPU Module, 2009, Innovative Electronics.